

# STUDI KARAKTERISTIK HASIL PENGELASAN STUD WELDING A36 TERHADAP SA 335 GRADE P11 PADA KONSTRUKSI *FINS* PENUKAR KALOR PIPA CDU

Haris Budiman<sup>1)</sup>, Rochim Suratman<sup>2)</sup>, Muki Satya Permana<sup>3)</sup>

Teknik Mesin Universitas Majalengka

Email : harisbudiman@yahoo.com<sup>1)</sup>

## Abstrak

Pada proses pengolahan minyak mentah atau crude oil di sebuah kilang minyak terdapat fasilitas destilasi untuk menghasilkan beberapa produk turunan seperti bensin, solar, avtur, dan lain-lain. Pada proses awal, minyak mentah yang telah ditampung di dalam tangki bahan baku selanjutnya akan dipompa untuk dimasukkan kedalam kolom CDU (*Crude Distillation Unit*). Sebelum masuk ke dalam kolom destilasi, minyak mentah yang awalnya disimpan pada tangki dipompakan menuju fasilitas desalter, yaitu untuk menghilangkan kadar garam. Selanjutnya minyak mentah dilewatkan pada fasilitas penukar kalor, kemudian masuk pada tungku pemanasan. Proses pengaliran penyalur minyak tersebut dilewatkan pada sebuah furnace untuk memanaskan minyak mentah di dalam pipa supaya temperatur minyak mentah pada saat masuk ke dalam kolom mencapai sekitar 400°C. Salah satu cara bagaimana perpindahan panas dari atmosfer furnace ke dalam fluida di dalam pipa adalah dengan cara memasang sirip (*fin*) berbentuk tabung pada permukaan pipa.

Pipa yang mengalirkan minyak mentah atau crude oil pada proses pengolahan minyak dipasang komponen *fins* studded sebagai komponen untuk membantu perpindahan panas. Proses pemasangan *fins* pelepas panas pada pipa sebagai logam dasar dilakukan dengan cara dilas. Proses pengelasan yang paling sesuai dengan fungsi dari *fins* pelepas panas adalah pengelasan tembak atau Stud Welding.

Material *fins* pelepas panas yang digunakan pada penelitian ini adalah A36, silinder pejal dengan panjang 25,4m, dan diameter 12,7mm. Sedangkan material pipa menggunakan SA335 Grade P9 Sch.80 (tebal=8.5mm) dengan diameter 4 inchi. Pengelasan dilakukan dengan prinsip semiotomatis dan manual dengan memvariasikan parameter-parameter pengelasan, yaitu arus listrik dan waktu kontak. Pengelasan cara semi otomatis dilakukan pada arus listrik 80-300 amper dan waktu kontak 0,5 sampai 2 detik. Pengelasan secara manual dilakukan pada arus listrik 300 sampai 400 amper, dan waktu kontak sebesar 2, 4, 6,8 detik.

Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan karakteristik lasan antara metoda manual dengan metoda semi otomatis.

**Kata kunci :** *Crude Distillation Unit, Fin, Stud Welding, Metalografi*

## I. PENDAHULUAN

Sistem perpipaan merupakan salah satu hal terpenting dalam kegiatan produksi minyak di sebuah kilang minyak. Salah satu unit produksi tersebut adalah fasilitas penyulingan minyak mentah atau *crude oil* yang menghasilkan produk-produk turunan seperti bensin, avtur, solar, dan produk-produk lainnya. Pada proses awal, minyak mentah yang telah ditampung di dalam tangki bahan baku akan dipompa untuk dimasukkan ke

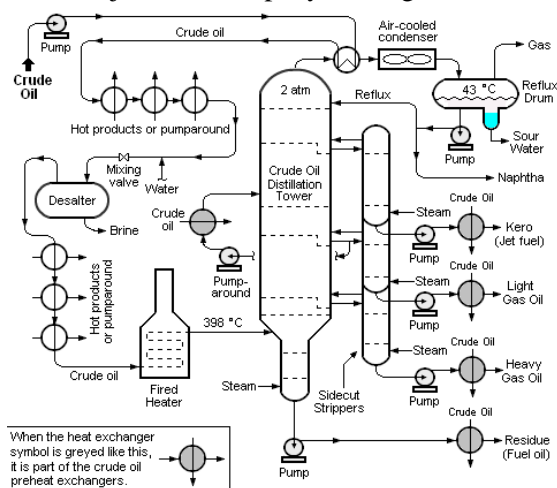
dalam kolom CDU (*Crude Distillation Unit*) seperti yang terlihat pada Gambar I.1. <sup>[1]</sup>

Minyak mentah sebelum dimasukkan ke dalam kolom destilasi tersebut, terlebih dahulu dihilangkan kandungan garamnya dengan menggunakan alat yang disebut *Desalter*. Dari *Desalter* minyak mentah akan dilewatkan pada alat penukar panas untuk menyerap panas. Tahap selanjutnya yaitu minyak mentah dipanaskan pada tungku pemanas atau *furnace* pada temperatur sekitar 400°C, temperatur

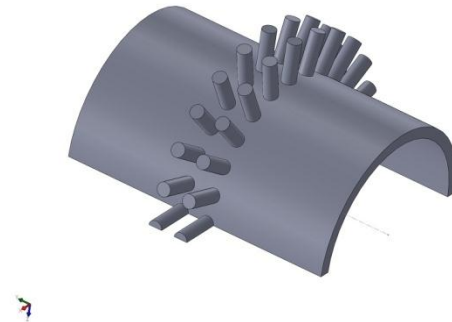
tersebut dianggap cukup untuk memisahkan fraksi-fraksi minyak mentah pada proses destilasi.

Pada saat minyak mentah masuk ke dalam tungku melalui pipa, terjadi perpindahan panas dari ruang bakar ke dalam minyak mentah melalui pipa. Dengan debit aliran minyak mentah tertentu di dalam pipa, maka laju perpindahan panas harus secepat mungkin untuk mencapai temperatur  $400^{\circ}\text{C}$  pada saat keluar dari tungku sebelum masuk ke CDU. Salah satu cara bagaimana menaikkan laju perpindahan panas dari ruang bakar ke dalam fluida di dalam pipa adalah dengan cara memasang sirip (*fin*) berbentuk tabung pada permukaan pipa.

Pemasangan *fin* pada pipa dilakukan dengan cara dilas. Proses pengelasan yang paling sesuai dengan fungsi dari *fin* adalah pengelasan tembak atau *Stud Welding*, oleh karena itu dalam praktek dan beberapa literatur penyebutan istilah *fin* dalam pipa tersebut adalah *stud fin*. Prinsip dari pengelasan *Stud Welding* adalah berdasarkan pembangkitan panas dari busur listrik sehingga pada daerah yang terpapar panas dari busur listrik akan terjadi pelunakan. Kemudian dengan efek tembakan dari gun akan menimbulkan penetrasi *stud fin* terhadap pipa sebagai logam dasar, dan terjadi fusi dan penyambungan.



**Gambar I.1 Skema proses destilasi crude oil<sup>[1]</sup>**



**Gambar 1.2 Konstruksi Pipa dan Stud Fin**

Material pipa yang digunakan pada penelitian ini adalah SA 335 Grade P11 atau *Seamless Ferritic Alloy Steel Pipe* dengan kadar Krom sebesar 1-1,5%, dan Molibdenum sebesar 0,4-0,65%. SA 335 Grade P11 adalah material yang lazim digunakan dan dapat memenuhi kondisi operasi pada temperatur tinggi<sup>[1]</sup>. Sedangkan material yang digunakan untuk *stud fin* adalah A36 yaitu Baja Karbon Rendah yang mempunyai kadar karbon (C) sebesar 0,26%.

Fabrikasi *fin* terhadap pipa dilakukan dengan *stud welding* metoda semi otomatis, akan tetapi pada beberapa kasus atau perbaikan diperlukan proses *stud welding* dengan metoda manual. Oleh karena itu, pada penelitian ini proses pengelasan dilakukan dengan 2 (Dua) metoda, yaitu proses pengelasan manual dan proses pengelasan semi otomatis. Proses pengelasan manual adalah menggunakan perangkat las yang portabel, sedangkan proses pengelasan semi otomatis menggunakan mesin las otomatis tetap yang dikontrol oleh program PLC.

Penelitian ini menganalisis kualitas hasil pengelasan dari metoda manual dan semi otomatis, terutama karakteristik daerah sambungan las antara *stud fin* dengan pipa. Penelitian ini tidak menganalisis besarnya laju perpindahan panas dari *stud fin* ke permukaan pipa dan fluida di dalam pipa tersebut.

Parameter-parameter proses pengelasan yang diuji adalah kuat arus dan waktu pengelasan manual dan semi otomatis, waktu kontak antara fin dengan pipa pada proses pengelasan. Maka dari itu, rumusan masalah pada

penelitian ini adalah bagaimana menentukan parameter-parameter pengelasan yang dapat menghasilkan lasan yang baik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan proses pengelasan dengan parameter-parameter yang ditentukan, melakukan pengujian Metalografi sehingga dapat mengetahui karakteristik hasil pengelasan *stud fin* terhadap pipa metoda manual dan otomatis.

*Output* yang ingin dicapai dari hasil penelitian ini berupa data parameter pengelasan, terutama rancangan pengelasan dan hasil pengelasan menggunakan metoda manual. Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi mengenai rancangan pipa CDU, proses *stud welding* pada fabrikasi *stud fin* terhadap pipa, dan memberikan informasi kepada fabrikator bagaimana metoda perbaikan pada saat proses pengelasan.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Prinsip Pengelasan

Proses pengelasan memerlukan panas untuk meleburkan atau mencairkan logam dasar dan bahan pengisi agar terjadi aliran bahan atau peleburan. Proses pengelasan yang paling umum, terutama untuk mengelas baja, yaitu memakai energi listrik sebagai sumber panas dan yang paling banyak digunakan adalah busur listrik.

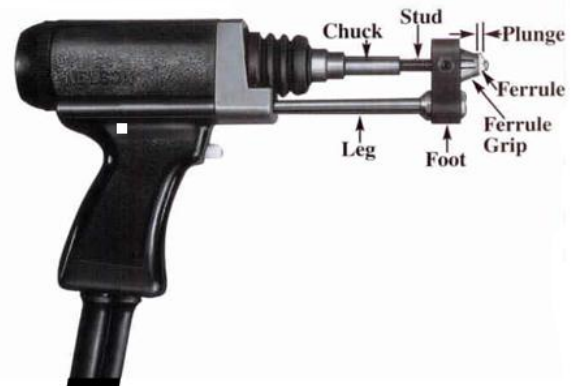
Salah satu jenis pengelasan yang biasa digunakan dalam pengelasan *stud* (baut tanpa ulir) atau untuk mengelas *fins* yang berbentuk silinder pada logam dasar disebut pengelasan *Stud Welding* atau *Arc Stud Welding*. Prinsip pengelasan *Stud Welding* atau *Stud Arc Welding* adalah mirip dengan metoda pengelasan busur listrik lain, yaitu melibatkan listrik, mekanik, dan prinsip metalurgi. Dalam *Stud Welding*, besarnya arus dan durasi busur listrik atau waktu kontak dikontrol oleh sumber energi dan sistem kontrol *Stud Welding*<sup>[1]</sup>.

Prinsip sederhana *Stud Welding* diperlihatkan pada Gambar *Welding gun* pada alat las *stud welding* mempunyai sirkuit pemacu aktif untuk memulai proses pengelasan dan mekanisme

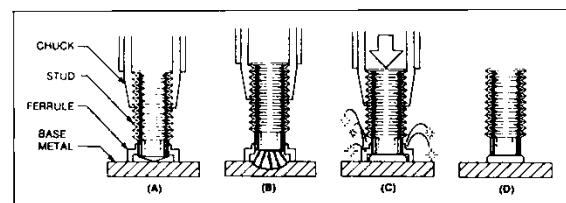
angkat untuk menarik *stud* lepas dari logam induk dan menghasilkan *welding arc*.

Perangkat *Welding gun* pada proses pengelasan *Stud Welding* biasanya terdiri dari sebuah *stud holding chuck*, *foot piece*, dan *ferrule grip* untuk memegang *ceramic ferrule* (lihat Gambar 2.3). Tahapan proses pengelasan *Stud Welding* untuk menghasilkan *stud weld* dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut :

- Tahap (A) : *stud* dan *ferrule* diisi ke dalam *welding gun*, dan posisi *welding gun* diarahkan pada logam dasar (*base metal*)
- Tahap (B) : *welding gun* ditekan berlawanan dengan logam dasar untuk menghasilkan busur listrik, proses ini terdiri dari pemberian arus pengelasan, dan mengangkat *stud* untuk menghasilkan busur listrik
- Tahap (C) : durasi dari busur listrik
- Tahap (D) : proses pengelasan telah selesai kemudian *welding gun* diangkat dan menghasilkan *stud*.



Gambar 2.3 Stud welding gun[1]



Gambar 2.4 Tahapan proses pengelasan *Stud Welding*<sup>[1]</sup>

*Ferrule* yang terpasang pada *grip holder* berfungsi sebagai pelindung busur listrik sehingga tidak terjadi kontak dengan atmosfer luar. Pada semua aplikasi *stud welding*, *ferrule* merupakan komponen yang diharuskan terpasang pada peralatan las *stud*. Selama

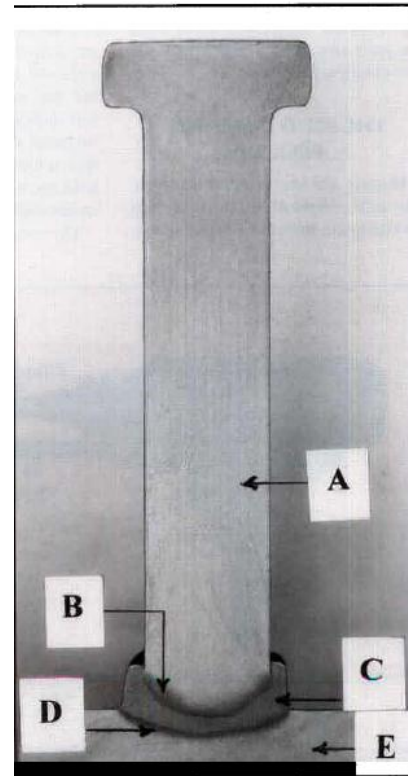
proses pengelasan berlangsung berikut fungsi dari *ferrule* tersebut:

1. Menjaga konsentrasi panas dari busur listrik pada area pengelasan
2. Melindungi aliran udara luar agar tidak masuk ke area pengelasan, sehingga dapat menghindari oksidasi pada area pengelasan yang mencair
3. Membatasi logam cair pada daerah pengelasan
4. Melindungi efek dari busur listrik yang dapat membakar material non metalik

## 2.2 Karakteristik sambungan pengelasan pada proses pengelasan *Stud Welding*

Proses pengelasan yang melibatkan adanya pencairan di daerah sambungan, secara metalurgis akan menghasilkan tiga daerah yaitu daerah pembekuan dari logam las (*weld metal*) atau logam pengisi (*filler metal*), daerah fusi, dan daerah yang terpapar panas.<sup>[3]</sup>

Pada pengelasan *Stud Welding* daerah yang terpengaruh oleh panas atau *Heat Affected Zone (HAZ)* akan lebih kecil dibanding dengan proses pengelasan jenis lain karena penerapan input panas yang relatif lebih kecil. Gambar 2.3 memperlihatkan penampang melintang dari daerah lasan pada proses pengelasan *Stud Welding*. Penampang melintang pada *Stud Welding* terdiri dari 5 (Lima) zona yaitu: material *stud* yang tidak terpapar panas, material *stud* yang terpapar panas, daerah leleh, logam dasar yang terpapar panas, dan logam dasar yang tidak terpapar panas.



**Gambar 2.5 Penampang melintang stud weld<sup>[1]</sup>**

- A. *Heat Unaffected Stud material*; B. *Stud Heat Affected Zone (HAZ)*; C. *Cast zone*; D. *Base material HAZ*; E. *Heat Unaffected base material*

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengumpulan data dengan metoda studi literatur untuk mendapatkan informasi referensi yang relevan dengan penelitian.
2. Menentukan parameter-parameter pengelasan yang akan digunakan sesuai dengan tujuan penelitian.
3. Melakukan persiapan material yang akan digunakan pada proses pengelasan, baik material dasar (*base metal*) maupun material *stud*.
4. Melakukan proses pengelasan *Stud welding* sesuai dengan parameter-parameter pengelasan yang telah ditentukan.
5. Melakukan uji metalografi untuk mengidentifikasi kualitas sambungan las
6. Melakukan pengolahan data, interpretasi data, analisis, dan pembahasan
7. Membuat kesimpulan dan saran

## BAB IV HASIL DAN DISKUSI

### 4.1 Studi Karakteristik SA335 P9

Pada penelitian ini, pengelasan dilakukan pada *stud* yang berfungsi sebagai *fins* pelepas panas terhadap pipa distribusi uap. Material *stud* yang digunakan adalah A36 dan material pipa uap yang digunakan adalah SA335 P9. Pemilihan SA335 P9 sebagai material pipa distribusi uap dengan kandungan Khrom (Cr) 8-10% dan Molybdenun (Mo) sekitar 0.9-1,1% adalah sesuai dengan karakteristik material yang tahan pada temperatur operasi yang tinggi.

SA335 atau dikenal dengan *low alloy Cr-Mo Steel* adalah material yang lazim digunakan pada konstruksi dengan kondisi operasi pada temperatur tinggi, dan biasa digunakan untuk *steam pipe line* dengan kondisi operasi sekitar 400<sup>0</sup>-500<sup>0</sup>C. Penelitian yang dilakukan oleh Alfonso Rafael Fernández Fuentes<sup>a</sup>, Nelson Guedes de Alcântara<sup>b</sup>, Sergio Haro Rodríguez<sup>c</sup>, Alejandro López Ibarra<sup>c</sup>, menunjukkan bahwa umur pakai SA335 dapat bertahan sampai 20 tahun dengan kondisi operasi pada temperatur 480<sup>0</sup>C.<sup>[6]</sup>

Menurut AWS D1.1/D1.1 M:200 An American National Standard Section 7 *Stud Welding* sangat sesuai untuk mengelas baja dan paduannya dengan menggunakan metoda otomatis.<sup>[7]</sup>

Ketebalan logam dasar pada pengelasan *stud* yang dipersyaratkan menurut AWS adalah tidak boleh lebih tipis dari 1/3 dari diameter *stud*, atau pada konstruksi tertentu dipersyaratkan bahwa diameter *stud* tidak boleh lebih besar 2.5 kali dari tebal logam dasar<sup>[7]</sup>.

Pada penelitian ini data-data ukuran dari *stud* dan ketebalan logam dasar atau pipa adalah sebagai berikut:

- Panjang *stud*, L=12,7mm
- Diameter *stud*, D=25,4mm
- Ketebalan logam dasar atau pipa, t = 8,6mm

Dengan demikian ukuran *stud* dan ketebalan logam dasar yang digunakan pada proses *stud*

welding sudah mengikuti standar AWS D1.1/D1.1.

Menurut AWS D1.1/D1.1 M:200 An American National Standard Section 7, material *stud* yang digunakan direkomendasikan dibuat dari *cold drawn bar stock*. Spesifikasi material *stud* yang dipersyaratkan adalah mengikuti kualifikasi standar ASTM A108 Grade 1010 sampai 1020 atau mengikuti ketentuan.

Material *stud* yang digunakan dalam proses pengelasan ini adalah A36. Karakteristik A36 adalah baja karbon dengan kandungan karbon sebesar 0,27% dan mempunyai kekuatan tarik sebesar 400-500 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa material *stud* yang digunakan sudah sesuai dengan standar AWS D1.1/D1.1.

### 4.2 Masukan Panas (Heat Input)

Pada proses pengelasan tahanan listrik ini, parameter proses yang berpengaruh pada kualitas hasil adalah arus dan waktu pengelasan. Besar arus dan waktu pengelasan akan menentukan jumlah masukan panas pada daerah lasan dengan mengikuti rumus:

$$\text{Heat} = I^2 R t \text{ }^{[8]}$$

dimana:

I = arus lasan dalam amper ; t = waktu pengelasan, R= tahanan listrik dari bahan yang dilas

**Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Heat Input**

N 0.	Sp ec.	Met hod	Cur rent (A)	Con tact Tim e (S)	R (Ω)	HI
1	#1	Man ual	400	4	1.38 x10 <sup>-7</sup>	8.83 x10 <sup>-1</sup>
2	#2	Man ual	400	6	1.38 x10 <sup>-7</sup>	1.32 x10 <sup>-1</sup>
3	#3	Man ual	400	8	1.38 x10 <sup>-7</sup>	1.76 x10 <sup>-1</sup>
4	#4	Man ual	300	2	1.38 x10 <sup>-7</sup>	2,48 x10 <sup>-2</sup>
5	#5	Auto	300	2	1.38	2,48



		matic			$\times 10^{-7}$	$\times 10^{-2}$
--	--	-------	--	--	------------------	------------------

### 4.3 Hasil Pengelasan

Hasil pengelasan Stud Welding dengan menggunakan metoda manual dan semiotomatis diperlihatkan secara visual pada Gambar 4.6..

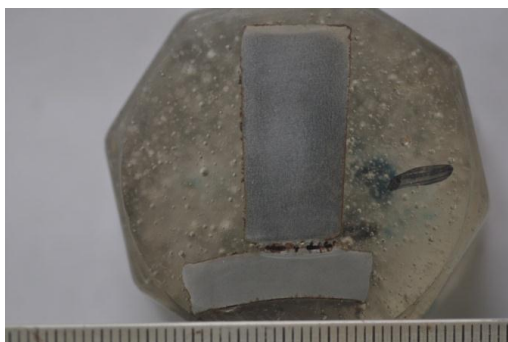


**Gambar 4.6 Hasil pengelasan Stud Welding, Metoda Semiotomatis (kiri), dan Metoda Manual (kanan)**

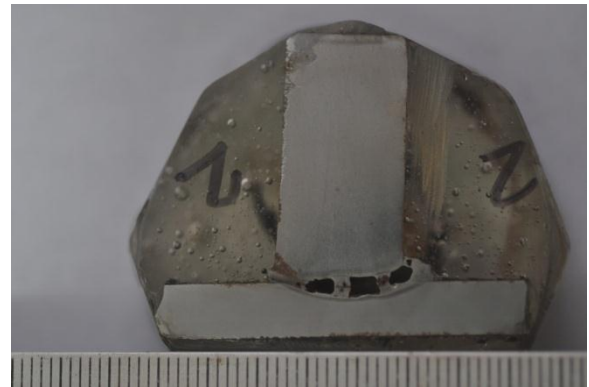
### 4.4 Hasil Uji Metalografi Makro/*Mascoscopic Test*

Hasil dari uji metalografi makro untuk spesimen dengan variasi arus dan waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 4.7-4.11.

Dari hasil uji metalografi makro tersebut diperlihatkan bahwa variasi arus dan waktu kontak pada proses pengelasan *stud welding* dengan menggunakan metoda manual tidak berpengaruh pada hasil pengelasan.



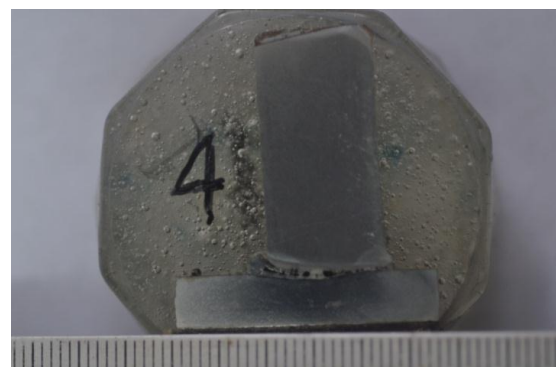
**Gambar 4.7 Hasil uji metalografi makro Spesimen #1**



**Gambar 4.8 Hasil uji metalografi makro Spesimen #2**



**Gambar 4.9 Hasil uji metalografi makro Spesimen #3**



**Gambar 4.10 Hasil uji metalografi makro Spesimen #4**



**Gambar 4.11 Hasil uji metalografi makro Spesimen #5**

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan`

Dari hasil eksperimen pengelasan *stud welding* pada pipa distribusi uap (SA 335 P9) dengan menggunakan *stud* A36 dengan menggunakan 2 (dua) metoda, yaitu metoda manual, dan metoda semiotomatis, ada beberapa hal yang bisa dijadikan konklusi, yaitu :

1. Pemilihan parameter pengelasan menjadi hal yang harus diperhatikan sehingga menghasilkan kualitas sambungan yang baik. Pada penelitian ini parameter pengelasan yang paling berpengaruh terhadap hasil pengelasan adalah metoda pengelasan dan waktu kontak. Metoda pengelasan yang menghasilkan pengelasan yang baik adalah metoda semiotomatis dengan waktu kontak maksimum 2 (dua) detik.
2. Parameter-parameter lain yang berpengaruh terhadap hasil pengelasan adalah proses preheat atau pemanasan awal sebelum proses pengelasan dilaksanakan, temperatur preheat yang diberikan adalah sebesar 400<sup>0</sup>-500<sup>0</sup>C.
3. Hasil pengelasan *stud welding* dengan menggunakan metoda manual pada perancangan fins penukar kalor pada pipa distribusi minyak tidak direkomendasikan untuk dilakukan

### B. Saran

1. Pada proses pengelasan *stud welding* dengan menggunakan metoda manual perlu distandarkan prosesnya, misalnya ada proses *preheat* sebelum proses pengelasan, dan pemasangan *ceramic ferrule* pada *gun stud welding*, karena bila terjadi perbaikan pada kegagalan proses semiotomatis perlu melakukan perbaikan secara manual.
2. Untuk penelitian selanjutnya pada rancangan *fins* penukar kalor pada pipa distribusi uap, mengkaji berapa besar perpindahan panas dari pipa distribusi uap ke fins penukar kalor dengan menggunakan metoda analitik dan simulasi *software engineering*

## DAFTAR PUSTAKA

1. Gary, J.H. & Handwerk, G.E., "Petroleum Refining Technology and Economics (2nd ed.)", Marcel Dekker, 1984.
2. I. Samard, I. Kladari, Klari, "The Influence of Welding Parameters on Weld Characteristics in Electric Arc Stud Welding", Prispjelo, 2008.
3. Harry A. Chamber, "Principles and Practices of Stud Welding", PCI Journal, Nelson Stud Welding Inc., Ohio, 2000.
4. Rochim Suratman, "Beberapa Kasus pada Pengelasan Baja", Jurnal Asosiasi Pengelasan Indonesia, 2008.
5. American Society for Testing and Materials-ASTM, "Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe For High-Temperature Service, SA 335/SA335M", Section II, 2004.
6. American Society for Testing and Materials-ASTM, "ASTM A36: Standard Specification for Carbon Structural Steel", American Standard for Testing Material, 1999.
7. Alfonso Rafael Fernández Fuentes<sup>a</sup>, Nelson Guedes de Alcântara<sup>b</sup>, Sergio Haro Rodríguez<sup>c</sup>, Alejandro López Ibarrac, "Effect of in Service Weld Repair on the Performance of CrMo Steel Steam Pipelines", Av. Ramón López Velarde, 801, Zac. 98060 Zacatecas, México, March 17, 2005; Revised: October 4, 2005
8. AWS D1.1/D1.1M:2004 An American National Standard, "Structural Welding Code—Steel 19th Edition", American Welding Society, 2004.
9. ANSI/AWS C5.4-93 An American National Standard, "Recommended Practices For Stud Welding," AWS Committee on Arc Welding and Cutting, 1987.